

#2

Docket No.: 50395-086

PATENT

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

JC971 U.S. PTO  
09/776720  
02/06/01

In re Application of

Takatoshi KATO

Serial No.:

Group Art Unit:

Filed: February 06, 2001

Examiner:

For: AN OPTICAL TRANSMISSION LINE AND OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM

**CLAIM OF PRIORITY AND  
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Commissioner for Patents  
Washington, DC 20231

Sir:

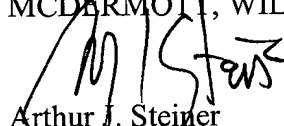
In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicant hereby claims the priority of:

Japanese Patent Application No. 2000-029230,  
filed February 7, 2000

cited in the Declaration of the present application. A certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY



Arthur J. Steiner

Registration No. 26,106

600 13<sup>th</sup> Street, N.W.  
Washington, DC 20005-3096  
(202) 756-8000 AJS:dtb  
**Date: February 6, 2001**  
Facsimile: (202) 756-8087

60345-086  
Kato

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

February 6, 2001

McDermott, Will & Emery



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 2月 7日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-029230

出 願 人

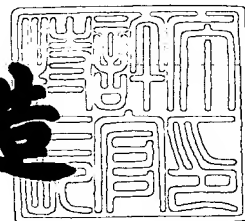
Applicant(s):

住友電気工業株式会社

2000年10月13日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3084342

【書類名】 特許願

【整理番号】 100Y0030

【提出日】 平成12年 2月 7日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H03C 7/02

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会  
社 横浜製作所内

【氏名】 加藤 考利

【特許出願人】

【識別番号】 000002130

【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100088155

【弁理士】

【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100089978

【弁理士】

【氏名又は名称】 塩田 辰也

【選任した代理人】

【識別番号】 100092657

【弁理士】

【氏名又は名称】 寺崎 史朗

【選任した代理人】

【識別番号】 100110582

【弁理士】

【氏名又は名称】 柴田 昌聰

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9908938

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光伝送路および光伝送システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 波長  $1.55\ \mu\text{m}$  において、波長分散が  $+4 \sim +10\ \text{ps}/\text{nm}/\text{km}$  であり、分散スロープが  $0 \sim +0.04\ \text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$  であり、中継区間に敷設された伝送用光ファイバと、

この伝送用光ファイバと実質的に接続され、波長  $1.55\ \mu\text{m}$  において、波長分散が  $-40\ \text{ps}/\text{nm}/\text{km}$  以下であり、分散スロープが  $-0.10\ \text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$  以下であり、モジュール化された分散補償光ファイバと

を備えることを特徴とする光伝送路。

【請求項 2】 前記伝送用光ファイバは波長  $1.55\ \mu\text{m}$  において分散スロープが  $+0.01 \sim +0.03\ \text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$  であることを特徴とする請求項 1 記載の光伝送路。

【請求項 3】 前記伝送用光ファイバは波長  $1.55\ \mu\text{m}$  において実効断面積が  $45\ \mu\text{m}^2$  以上であることを特徴とする請求項 1 記載の光伝送路。

【請求項 4】 前記分散補償光ファイバは、波長  $1.55\ \mu\text{m}$  において、波長分散が  $-80\ \text{ps}/\text{nm}/\text{km}$  以下であり、分散スロープが  $-0.20\ \text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$  以下であることを特徴とする請求項 1 記載の光伝送路。

【請求項 5】 前記分散補償光ファイバは波長  $1.55\ \mu\text{m}$  において波長分散が  $-100\ \text{ps}/\text{nm}/\text{km}$  以下であることを特徴とする請求項 4 記載の光伝送路。

【請求項 6】 送信器から受信器に到る信号光の伝送経路の少なくとも一部に請求項 1 記載の光伝送路を有することを特徴とする光伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、信号光を伝送する光伝送路、および、この光伝送路を有する光伝送システムに関するものである。

【0002】

## 【従来の技術】

信号光を光伝送路に伝搬させて光通信を行う光伝送システムでは、信号光の波形劣化を抑制する為に、信号光波長（例えば  $1.55\mu\text{m}$ ）において光伝送路の累積波長分散の絶対値が小さいことが望ましい。また、多波長の信号光を多重化して光通信を行う波長多重（WDM: Wavelength Division Multiplexing）伝送システムでは、より多くの波数の信号光を多重化してより大容量の光通信を行う為に、広帯域において光伝送路の累積波長分散の絶対値が小さいことが望ましい。そこで、一般には、複数種類の光ファイバを接続することで、或いは、光ファイバの分散を補償する分散補償モジュールを設けることで、全体の累積波長分散の絶対値が広帯域で小さくなるようにしている。

## 【0003】

例えば、文献1「M. Murakami, et al., "Long-Haul 16x10 WDM Transmission Experiment Using Higher Order Fiber Dispersion Management Technique", ECOC'98, pp.313-314 (1998)」や、文献2「F. M. Madani, et al, "Performance Limit of Long-Distance WDM Dispersion-Managed Transmission System Using Higher Order Dispersion Compensation Fibers", IEEE Photon. Technol. Lett., Vol.11, No.5, pp.608-610 (1999)」に記載された技術では、波長  $1.3\mu\text{m}$  付近に零分散波長を有し波長  $1.55\mu\text{m}$  で波長分散および分散スロープがともに正である標準的な  $1.3\mu\text{m}$  帯零分散光ファイバに、波長  $1.55\mu\text{m}$  で波長分散および分散スロープがともに負である分散補償光ファイバを接続することで、全体の累積波長分散の絶対値が広帯域で小さくなるようにしている。なお、分散補償光ファイバは、 $1.3\mu\text{m}$  帯零分散光ファイバとともに中継区間に敷設される場合もあり、また、コイル状に巻かれて分散補償モジュールとされ中継器や受信器等に設けられる場合もある。

## 【0004】

また、文献3「Y. Yokoyama, et al., "Practically Feasible Dispersion Flattened Fibers Produced by VAD Technique", ECOC'98, pp.131-132 (1998)」に記載された技術では、波長  $1.55\mu\text{m}$  で波長分散が正で分散スロープの絶対値が小さい正分散光ファイバと、波長  $1.55\mu\text{m}$  で波長分散が負で分散スロー

プの絶対値が小さい負分散光ファイバとを接続することで、光伝送路の全体の累積波長分散の絶対値が広帯域で小さくなるようにしている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記従来技術は以下のような問題点を有している。すなわち、中継区間に敷設された  $1.3 \mu\text{m}$  帯零分散光ファイバの波長分散および分散スロープを補償するために分散補償モジュールを設ける場合には、この分散補償モジュールが中継器や受信器等に設けられることから、分散補償モジュールの設置や保守が容易である。しかし、分散補償モジュールで用いられる分散補償光ファイバの伝送損失は他の種類の光ファイバの伝送損失と比較して大きく、敷設された  $1.3 \mu\text{m}$  帯零分散光ファイバの長さに応じた長さの分散補償光ファイバが必要であることから、分散補償モジュールでの信号光の損失が大きい。

【0006】

一方、 $1.3 \mu\text{m}$  帯零分散光ファイバと分散補償光ファイバとを接続して中継区間に敷設する場合や、正分散光ファイバと負分散光ファイバとを接続して中継区間に敷設する場合には、分散補償モジュールを設ける場合と比較すれば信号光の損失が小さい。しかし、ケーブル内で異種の光ファイバを接続する必要があることから、その接続作業や保守が煩雑である。

【0007】

本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、累積波長分散の絶対値が広帯域で小さく損失が小さく取り扱いが容易な光伝送路、および、このような光伝送路を有する光伝送システムを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る光伝送路は、(1) 波長  $1.55 \mu\text{m}$  において、波長分散が  $+4 \sim +10 \text{ ps/nm/km}$  であり、分散スロープが  $0 \sim +0.04 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$  であり、中継区間に敷設された伝送用光ファイバと、(2) この伝送用光ファイバと実質的に接続され、波長  $1.55 \mu\text{m}$  において、波長分散が  $-40 \text{ ps/nm/km}$  以下であり、分散スロープが  $-0.10 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$  以下であ

り、モジュール化された分散補償光ファイバとを備えることを特徴とする。本発明に係る光伝送システムは、送信器から受信器に到る信号光の伝送経路の少なくとも一部に上記の光伝送路を有することを特徴とする。

## 【 0 0 0 9 】

この光伝送路または光伝送システムによれば、波長  $1.55 \mu\text{m}$  において、伝送用光ファイバおよび分散補償光ファイバそれぞれの波長分散の符号が互いに異なり、伝送用光ファイバおよび分散補償光ファイバそれぞれの分散スロープの符号の互いに異なることから、伝送用光ファイバの長さ<sup>2</sup>と分散補償光ファイバの長さとの比を適切に設定することで、光伝送路の全体の累積波長分散の絶対値を広帯域で小さくすることができる。したがって、広帯域WDM伝送や高ビットレート<sup>2</sup>の伝送が可能となる。

## 【 0 0 1 0 】

また、標準的な  $1.3 \mu\text{m}$  帯零分散光ファイバと比べて、波長  $1.55 \mu\text{m}$  における伝送用光ファイバの波長分散が小さく、波長  $1.55 \mu\text{m}$  における伝送用光ファイバの分散スロープが小さいので、波長分散および分散スロープを補償する為に必要となる分散補償光ファイバの長さが短くて済む。したがって、分散補償光ファイバでの信号光の損失が小さく、光伝送路での信号光の損失も小さい。また、光伝送路での信号光の損失が小さいことから、送出される信号光のパワーが小さくてよいので、非線形光学現象の発生が抑制される。さらに、分散補償光ファイバは、敷設されるのではなく、コイル状に巻かれてモジュール化され中継器や受信器等に設けられるので、この分散補償モジュールの設置や保守が容易である。

## 【 0 0 1 1 】

また、本発明に係る光伝送路では、伝送用光ファイバは波長  $1.55 \mu\text{m}$  において分散スロープが  $+0.01 \sim +0.03 \text{ ps}^2/\text{nm}^2/\text{km}$  であることを特徴とする。この場合には、より広い帯域で光伝送路の全体の累積波長分散の絶対値を小さくすることができる。

## 【 0 0 1 2 】

また、本発明に係る光伝送路では、伝送用光ファイバは波長  $1.55 \mu\text{m}$  にお



いて実効断面積が  $45 \mu\text{m}^2$  以上であることを特徴とする。この場合には、より十分に非線形光学現象の発生を抑制することができる。

【0013】

また、本発明に係る光伝送路では、分散補償光ファイバは、波長  $1.55 \mu\text{m}$  において、波長分散が  $-80 \text{ ps/nm/km}$  以下（より好適には、 $-100 \text{ ps/nm/km}$  以下）であり、分散スロープが  $-0.20 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$  以下であることを特徴とする。この場合には、分散補償光ファイバの長さを更に短くすることができ、信号光の損失を更に小さくすることができる。

【0014】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。尚、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0015】

図1は、本実施形態に係る光伝送システム1および光伝送路2の構成図である。この光伝送システム1は、送信器10から受信器20に到る信号光の伝送経路の少なくとも一部に、光伝送路2として中継器31、伝送用光ファイバ41および中継器32を備えている。中継器31は、光増幅器311、分散補償光ファイバ313および光増幅器312を有している。また、中継器32は、光増幅器321、分散補償光ファイバ323および光増幅器322を有している。

【0016】

送信器10は、波長  $1.55 \mu\text{m}$  帯の多波長の信号光を波長多重して、この多波長の信号光を送出する。送信器10より送出された多波長の信号光は、光伝送路2を伝搬して、受信器20に到達する。そして、受信器20は、これら波長多重された多波長の信号光を分波して、各波長の信号光を受信する。

【0017】

伝送用光ファイバ41は、波長  $1.55 \mu\text{m}$  において、波長分散が  $+4 \sim +10 \text{ ps/nm/km}$  であり、分散スロープが  $0 \sim +0.04 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$  であり、中継器31から中継器32までの中継区間に敷設されている。分散補償光ファイバ313は、波長  $1.55 \mu\text{m}$  において、波長分散が  $-40 \text{ ps/nm}$

／k m以下であり、分散スロープが $-0.10 \text{ ps/nm}^2/\text{k m}$ 以下であり、コイル状に巻かれてモジュール化され中継器 3 1 内に設けられる。同様に、分散補償光ファイバ 3 2 3 は、波長  $1.55 \mu\text{m}$  において、波長分散が $-40 \text{ ps/nm/k m}$ 以下であり、分散スロープが $-0.10 \text{ ps/nm}^2/\text{k m}$ 以下であり、コイル状に巻かれてモジュール化され中継器 3 2 内に設けられる。伝送用光ファイバ 4 1、分散補償光ファイバ 3 1 3 および分散補償光ファイバ 3 2 3 それぞれは、シリカガラス系の光ファイバであり、屈折率プロファイルを適切に設計し製造することで、上記の波長分散および分散スロープの特性を有することができる。

## 【 0 0 1 8 】

光増幅器 3 1 1、光増幅器 3 1 2、光増幅器 3 2 1 および光増幅器 3 2 2 それぞれは、多波長の信号光を一括光増幅するものであり、E r 元素が光導波領域に添加された E r 元素添加光ファイバを用いた光ファイバ増幅器が好適に用いられる。光増幅器 3 1 1 および光増幅器 3 1 2 は中継器 3 1 内に設けられ、光増幅器 3 1 1 は分散補償光ファイバ 3 1 3 の前段に設けられ、光増幅器 3 1 2 は分散補償光ファイバ 3 1 3 の後段に設けられる。同様に、光増幅器 3 2 1 および光増幅器 3 2 2 は中継器 3 2 内に設けられ、光増幅器 3 2 1 は分散補償光ファイバ 3 2 3 の前段に設けられ、光増幅器 3 2 2 は分散補償光ファイバ 3 2 3 の後段に設けられる。

## 【 0 0 1 9 】

このように構成される光伝送システム 1 および光伝送路 2 では、波長  $1.55 \mu\text{m}$  において、伝送用光ファイバ 4 1 および分散補償光ファイバ 3 1 3、3 2 3 それぞれの波長分散の符号が互いに異なり、伝送用光ファイバ 4 1 および分散補償光ファイバ 3 1 3、3 2 3 それぞれの分散スロープの符号の互いに異なることから、伝送用光ファイバ 4 1 の長さと分散補償光ファイバ 3 1 3、3 2 3 の長さとの比を適切に設定することで、光伝送路 2 の全体の累積波長分散の絶対値を広帯域で小さくすることができる。したがって、広帯域 WDM 伝送や高ビットレートでの伝送が可能となる。なお、より広い帯域で光伝送路 2 の全体の累積波長分散の絶対値を小さくするには、伝送用光ファイバ 4 1、は波長  $1.55 \mu\text{m}$  におい

て分散スロープが $+0.01 \sim +0.03 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ であるのが好適である。

#### 【0020】

また、標準的な $1.3 \mu\text{m}$ 帯零分散光ファイバと比べて、波長 $1.55 \mu\text{m}$ における伝送用光ファイバ41の波長分散が小さく、波長 $1.55 \mu\text{m}$ における伝送用光ファイバ41の分散スロープが小さいので、波長分散および分散スロープを補償する為に必要となる分散補償光ファイバ313, 323の長さが短くて済む。したがって、分散補償光ファイバ313, 323での信号光の損失が小さく、光伝送路2での信号光の損失も小さい。なお、分散補償光ファイバ313, 323の長さを更に短くして信号光の損失を更に小さくするには、分散補償光ファイバ313, 323は、波長 $1.55 \mu\text{m}$ において、波長分散が $-80 \text{ ps/nm/km}$ 以下であり、分散スロープが $-0.20 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以下であるのが好適であり、さらには、波長 $1.55 \mu\text{m}$ において波長分散が $-100 \text{ ps/nm/km}$ 以下であるのが更に好適である。

#### 【0021】

また、光伝送路2での信号光の損失が小さいことから、送信器10、中継器31および中継器32それぞれから送出される信号光のパワーが小さくてよいので、非線形光学現象の発生が抑制される。したがって、中継器31内の光増幅器311, 312は何れか一方のみ設けるだけでもよく、中継器32内の光増幅器321, 322は何れか一方のみ設けるだけでもよい。なお、より充分に非線形光学現象の発生を抑制するには、伝送用光ファイバ41は、波長 $1.55 \mu\text{m}$ において実効断面積が $45 \mu\text{m}^2$ 以上であるのが好適である。

#### 【0022】

さらに、分散補償光ファイバ313, 323は、敷設されるのではなく、コイル状に巻かれてモジュール化され中継器31, 32内に設けられるので、この分散補償モジュールの設置や保守が容易である。

#### 【0023】

次に、本実施形態に係る光伝送路2の実施例を比較例と対比して説明する。以下に説明する各実施例および比較例それぞれでは、伝送用光ファイバの長さを8

0 k mとして、分散補償光ファイバの長さは、この伝送用光ファイバの波長1.55  $\mu$  mにおける波長分散を補償することできる長さとする。

## 【0024】

実施例1では、伝送用光ファイバは、波長1.55  $\mu$  mにおいて、波長分散が+5.7 p s / n m / k mであり、分散スロープが+0.024 p s / n m<sup>2</sup> / k mであり、実効断面積が47  $\mu$  m<sup>2</sup>である。分散補償光ファイバは、波長1.55  $\mu$  mにおいて、波長分散が-110 p s / n m / k mであり、分散スロープが-0.270 p s / n m<sup>2</sup> / k mであり、実効断面積が14  $\mu$  m<sup>2</sup>である。伝送用光ファイバの長さが80 k mであるとする、伝送用光ファイバの波長1.55  $\mu$  mにおける波長分散を補償する為に必要な分散補償光ファイバの長さは4.2 k mとなり、分散補償光ファイバでの信号光の損失は2.6 d Bとなる。表1は、実施例1の伝送用光ファイバおよび分散補償光ファイバの諸元を纏めた表である。

【表1】

(実施例1)

	伝送用 光ファイバ	分散補償 光ファイバ
波長分散 (ps/nm/km)	+5.7	-110
分散スロープ (ps/nm <sup>2</sup> /km)	+0.024	-0.270
実効断面積 ( $\mu$ m <sup>2</sup> )	47	14
長さ (km)	80	4.2
損失 (dB)	—	2.6

@波長1.55  $\mu$  m

実施例2では、伝送用光ファイバは、波長1.55  $\mu$  mにおいて、波長分散が+5.7 p s / n m / k mであり、分散スロープが+0.019 p s / n m<sup>2</sup> / k mであり、実効断面積が61  $\mu$  m<sup>2</sup>である。分散補償光ファイバは実施例1と同様のものである。伝送用光ファイバの長さが80 k mであるとする、伝送用光ファイバの波長1.55  $\mu$  mにおける波長分散を補償する為に必要な分散補償光ファイバの長さは4.2 k mとなり、分散補償光ファイバでの信号光の損失は

2. 6 d Bとなる。表 2 は、実施例 2 の伝送用光ファイバおよび分散補償光ファイバの諸元を纏めた表である。

【表 2】

(実施例 2)

	伝送用 光ファイバ	分散補償 光ファイバ
波長分散 (ps/nm/km)	+ 5 . 7	- 1 1 0
分散スロープ (ps/nm <sup>2</sup> /km)	+ 0 . 0 1 9	- 0 . 2 7 0
実効断面積 (μm <sup>2</sup> )	6 1	1 4
長さ (km)	8 0	4 . 2
損失 (dB)	—	2 . 6

@波長 1 . 5 5 μ m

実施例 3 では、伝送用光ファイバは実施例 1 と同様のものである。分散補償光ファイバは、波長 1 . 5 5 μ m において、波長分散が - 5 2 . 8 p s / n m / k m であり、分散スロープが - 0 . 1 2 0 p s / n m<sup>2</sup> / k m であり、実効断面積が 1 8 μ m<sup>2</sup> である。伝送用光ファイバの長さが 8 0 k m であるとする、伝送用光ファイバの波長 1 . 5 5 μ m における波長分散を補償する為に必要な分散補償光ファイバの長さは 8 . 7 k m となり、分散補償光ファイバでの信号光の損失は 2 . 8 d B となる。表 3 は、実施例 3 の伝送用光ファイバおよび分散補償光ファイバの諸元を纏めた表である。

【表 3】

(実施例 3)

	伝送用 光ファイバ	分散補償 光ファイバ
波長分散 (ps/nm/km)	+ 5. 7	- 52. 8
分散スロープ (ps/nm <sup>2</sup> /km)	+ 0. 024	- 0. 120
実効断面積 (μm <sup>2</sup> )	47	18
長さ (km)	80	8. 7
損失 (dB)	—	2. 8

@波長 1. 55 μm

実施例 4 では、伝送用光ファイバは実施例 2 と同様のものである。分散補償光ファイバは実施例 3 と同様のものである。伝送用光ファイバの長さが 80 km であるとする、伝送用光ファイバの波長 1. 55 μm における波長分散を補償する為に必要な分散補償光ファイバの長さは 8. 7 km となり、分散補償光ファイバでの信号光の損失は 2. 8 dB となる。表 4 は、実施例 4 の伝送用光ファイバおよび分散補償光ファイバの諸元を纏めた表である。

【表 4】

(実施例 4)

	伝送用 光ファイバ	分散補償 光ファイバ
波長分散 (ps/nm/km)	+ 5. 7	- 52. 8
分散スロープ (ps/nm <sup>2</sup> /km)	+ 0. 019	- 0. 120
実効断面積 (μm <sup>2</sup> )	61	18
長さ (km)	80	8. 7
損失 (dB)	—	2. 8

@波長 1. 55 μm

比較例では、伝送用光ファイバは、波長 1. 3 μm 付近に零分散波長を有する標準的な 1. 3 μm 帯零分散光ファイバであり、波長 1. 55 μm において、波長分散が +17 ps/nm/km であり、分散スロープが +0. 056 ps/nm<sup>2</sup>/km

..  $\text{m}^2/\text{km}$ である。分散補償光ファイバは、波長  $1.55\ \mu\text{m}$ において、波長分散が  $-110\ \text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ であり、分散スロープが  $-0.270\ \text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ である。伝送用光ファイバの長さが  $80\ \text{km}$ であるとする、伝送用光ファイバの波長  $1.55\ \mu\text{m}$ における波長分散を補償する為に必要な分散補償光ファイバの長さは  $12.4\ \text{km}$ となり、分散補償光ファイバでの信号光の損失は  $7.6\ \text{dB}$ となる。表5は、比較例の伝送用光ファイバおよび分散補償光ファイバの諸元を纏めた表である。

【表5】

(比較例)

	伝送用 光ファイバ	分散補償 光ファイバ
波長分散 (ps/nm/km)	+17	-110
分散スロープ (ps/nm <sup>2</sup> /km)	+0.056	-0.270
長さ (km)	80	12.4
損失 (dB)	—	7.6

@波長  $1.55\ \mu\text{m}$ 

各実施例と比較例とを比較すると、分散補償光ファイバの長さは、比較例では  $12.4\ \text{km}$ であるのに対して、実施例1, 2では  $4.2\ \text{km}$ であり、実施例3, 4では  $8.7\ \text{km}$ であり、比較例より各実施例の方が短い。分散補償光ファイバでの信号光の損失は、比較例では  $7.6\ \text{dB}$ であるのに対して、実施例1, 2では  $2.6\ \text{dB}$ であり、実施例3, 4では  $2.8\ \text{dB}$ であり、比較例より各実施例の方が  $5\ \text{dB}$ 程度小さい。したがって、比較例と比べて各実施例では  $S/N$ 比が  $5\ \text{dB}$ 程度改善する。また、分散補償光ファイバでの信号光の  $S/N$ 比の劣化が小さいことから、信号光のパワーを小さくすることで、非線形光学現象の発生を抑制することができる。

【0025】

なお、実施例1, 2と実施例3, 4とを比較すると、分散補償光ファイバの長さが前者では  $4.2\ \text{km}$ であり後者では  $8.7\ \text{km}$ であるのに対して、分散補償光ファイバでの信号光の損失は両者で同程度となっている。これは、前者より後

者の方が分散補償光ファイバの単位長さ当たりの信号光の伝送損失が小さいからである。

#### 【 0 0 2 6 】

図 2 は、実施例 1, 2 それぞれの光伝送路の平均波長分散の波長依存性を示すグラフである。図 3 は、実施例 3, 4 それぞれの光伝送路の平均波長分散の波長依存性を示すグラフである。これらの図に示すように、各実施例とも、伝送用光ファイバと分散補償光ファイバとが接続された光伝送路の全体の平均波長分散は、波長  $1.55 \mu\text{m}$  において零となっている。また、各実施例とも、伝送用光ファイバと分散補償光ファイバとが接続された光伝送路の全体の平均波長スロープは、波長  $1.55 \mu\text{m}$  において小さくなっている。したがって、各実施例とも、光伝送路の全体の累積波長分散の絶対値が広帯域で小さく、広帯域 WDM 伝送や高ビットレートの伝送が可能である。

#### 【 0 0 2 7 】

##### 【発明の効果】

以上、詳細に説明したとおり、本発明に係る光伝送路または光伝送システムによれば、波長  $1.55 \mu\text{m}$  において、伝送用光ファイバおよび分散補償光ファイバそれぞれの波長分散の符号が互いに異なり、伝送用光ファイバおよび分散補償光ファイバそれぞれの分散スロープの符号の互いに異なることから、伝送用光ファイバの長さと分散補償光ファイバの長さとの比を適切に設定することで、光伝送路の全体の累積波長分散の絶対値を広帯域で小さくすることができる。したがって、広帯域 WDM 伝送や高ビットレートの伝送が可能となる。

#### 【 0 0 2 8 】

また、標準的な  $1.3 \mu\text{m}$  帯零分散光ファイバと比べて、波長  $1.55 \mu\text{m}$  における伝送用光ファイバの波長分散が小さく、波長  $1.55 \mu\text{m}$  における伝送用光ファイバの分散スロープが小さいので、波長分散および分散スロープを補償する為に必要となる分散補償光ファイバの長さが短くて済む。したがって、分散補償光ファイバでの信号光の損失が小さく、光伝送路での信号光の損失も小さい。また、光伝送路での信号光の損失が小さいことから、送出される信号光のパワーが小さくてよいので、非線形光学現象の発生が抑制される。さらに、分散補償光



ファイバは、敷設されるのではなく、コイル状に巻かれてモジュール化され中継器や受信器等に設けられるので、この分散補償モジュールの設置や保守が容易である。

【 0 0 2 9 】

また、伝送用光ファイバは波長  $1.55 \mu\text{m}$  において分散スロープが  $+0.01 \sim +0.03 \text{ ps}^2/\text{nm}^2/\text{km}$  であるのが好適であり、この場合には、より広い帯域で光伝送路の全体の累積波長分散の絶対値を小さくすることができる。また、伝送用光ファイバは波長  $1.55 \mu\text{m}$  において実効断面積が  $45 \mu\text{m}^2$  以上であるのが好適であり、この場合には、より充分に非線形光学現象の発生を抑制することができる。

【 0 0 3 0 】

また、分散補償光ファイバは、波長  $1.55 \mu\text{m}$  において、波長分散が  $-80 \text{ ps}^2/\text{nm}^2/\text{km}$  以下（より好適には、 $-100 \text{ ps}^2/\text{nm}^2/\text{km}$  以下）であり、分散スロープが  $-0.20 \text{ ps}^3/\text{nm}^3/\text{km}$  以下であるのが好適であり、この場合には、分散補償光ファイバの長さを更に短くすることができ、信号光の損失を更に小さくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本実施形態に係る光伝送システムおよび光伝送路の構成図である。

【図 2】

実施例 1，2 それぞれの光伝送路の平均波長分散の波長依存性を示すグラフである。

【図 3】

実施例 3，4 それぞれの光伝送路の平均波長分散の波長依存性を示すグラフである。

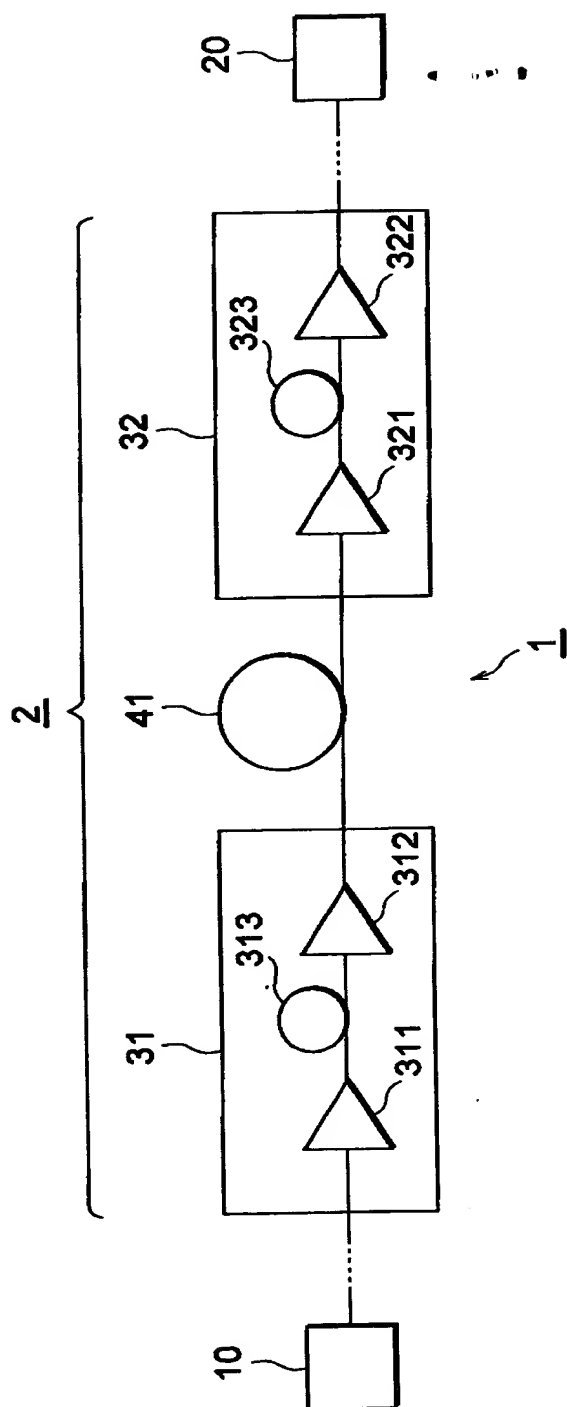
【符号の説明】

1 … 光伝送システム、2 … 光伝送路、10 … 送信器、20 … 受信器、31，32 … 中継器、41 … 伝送用光ファイバ、311，312 … 光増幅器、313 … 分散補償光ファイバ、321，322 … 光増幅器、323 … 分散補償光ファイバ。

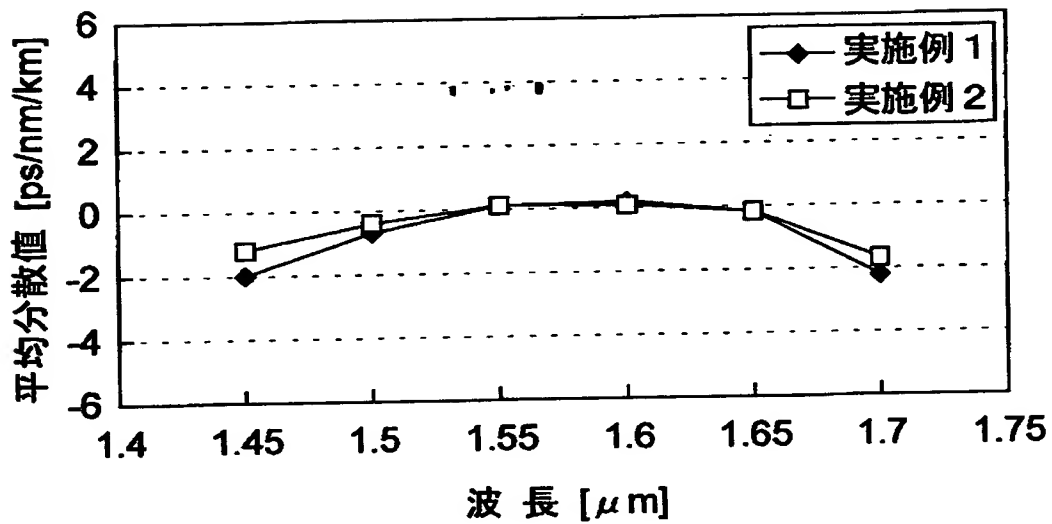
【書類名】

図面

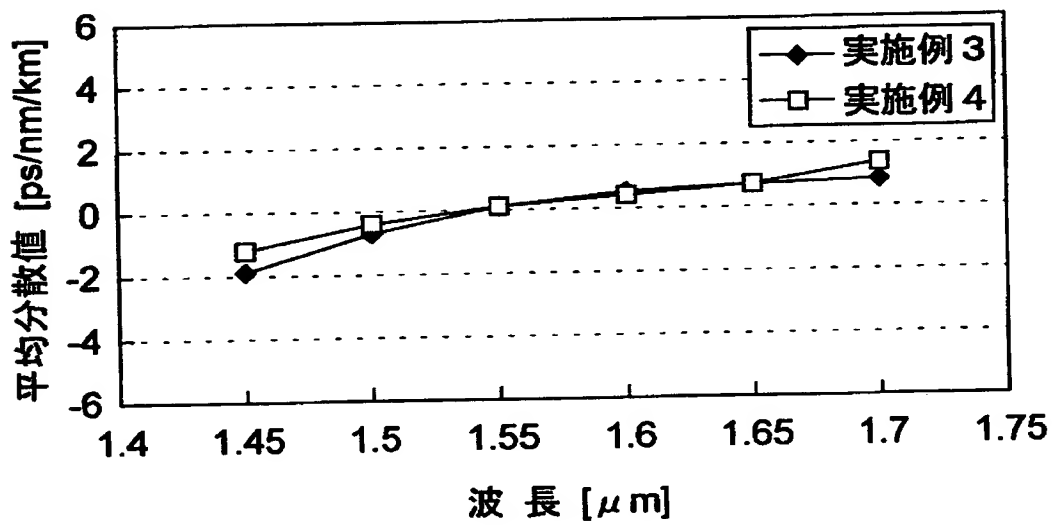
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 累積波長分散の絶対値が広帯域で小さく損失が小さく取り扱いが容易な光伝送路および光伝送システムを提供する

【解決手段】 光伝送システム1は、送信器10から受信器20に到る信号光の伝送経路の少なくとも一部に、光伝送路2として中継器31、伝送用光ファイバ41および中継器32を備えている。伝送用光ファイバ41は、波長 $1.55\mu\text{m}$ において、波長分散が $+4\sim+10\text{ps/nm/km}$ であり、分散スロープが $0\sim+0.04\text{ps/nm}^2/\text{km}$ であり、中継器31から中継器32までの中継区間に敷設されている。分散補償光ファイバ313は、波長 $1.55\mu\text{m}$ において、波長分散が $-40\text{ps/nm/km}$ 以下であり、分散スロープが $-0.10\text{ps/nm}^2/\text{km}$ 以下であり、コイル状に巻かれてモジュール化され中継器31内に設けられる。

【選択図】 図1

特 2000-029230

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000002130]

1. 変更年月日

1990年 8月29日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

氏 名

住友電気工業株式会社